

**NOUVEAUX GRANULES DE PHOSPHATES DE CALCIUM DE TYPE  
HYDROXYAPATITE, LEUR PROCEDE DE PREPARATION  
ET LEURS APPLICATIONS.**

5

L'invention se rapporte à un excipient de phosphate de calcium et concerne en particulier les phosphates de calcium qui présentent des diagrammes de diffraction aux rayons X caractéristiques du minéral hydroxyapatite.

10

Plus précisément, l'invention vise en particulier les phosphates de calcium sous forme de granulés présentant un diagramme de diffraction aux rayons X caractéristique de l'hydroxyapatite et de bonnes caractéristiques de compressibilité et d'écoulement dans les applications à compression directe.

L'invention concerne également un procédé particulièrement économique de préparation desdits granulés.

15

Enfin, l'invention se rapporte également à l'utilisation desdits granulés comme excipients dans les comprimés obtenus de préférence par compression directe.

20

La mise en forme de matériaux secs sous forme de comprimés est effectuée préférentiellement en faisant appel à la technique de la compression directe.

En effet, la voie de compression directe exige le moins d'étapes de traitement et évite le contact des matières actives avec des solvants potentiellement néfastes comme l'eau ou les solvants organiques.

25

La réduction du nombre des étapes de traitement et l'absence de mise en œuvre de solvants diminuent les coûts et permet ainsi de réduire la dégradation des matières actives.

30

La formation de comprimés par compression directe exige l'utilisation d'un matériau de mise sous forme de comprimés ou d'un véhicule connu sous le terme d'excipient.

L'excipient idéal est celui qui est non réactif vis-à-vis des matières actives dans la formulation.

35

L'excipient idéal doit également être facilement compressible, en formant des comprimés solides avec des surfaces de comprimés lisses. La résistance du comprimé dans la plupart des applications devrait être aussi élevée que possible pour une force de compression minimale.

L'excipient idéal doit également s'écouler fort bien, sans ségrégation quelconque. Ceci est nécessaire en vue du remplissage des matrices des

## 2

machines à comprimer haute vitesse sans risque d'obstruction et sans aucune variation dans le poids du matériau qui remplit les matrices.

La plupart des matériaux pulvérulents sont peu pratiques pour la mise sous forme de comprimés par compression directe dans les machines à comprimer haute vitesse, en raison de problèmes relatifs à l'écoulement.

Ces matériaux pulvérulents peuvent souvent être granulés par des moyens variés, par exemple par agglomération sèche sous pression; compression préalable de la poudre en granulats ou par passage de la poudre entre deux rouleaux de compression.

D'autres méthodes de granulation de poudres sont l'agglomération par voie humide, suivie d'un séchage comme, par exemple, un dispositif d'agglomération à plateau rotatif ou sous forme d'un lit fluidisé.

On peut tout aussi bien utiliser le séchage par atomisation, avec ou sans additif d'agglomération (par exemple PVP).

Le compactage préalable de poudres pour produire des matériaux qui s'écoulent bien a souvent un effet nuisible sur la compressibilité du matériau sous forme de granulats.

Ces étapes supplémentaires dans le traitement de l'excipient ajoutent un surcoût et rendent par la même le procédé moins économique.

Il est connu d'utiliser les phosphates de calcium comme excipients.

Ainsi, sont utilisés comme excipients des phosphates de calcium comme le dihydrate d'hydrogénophosphate de calcium [di-hydrate de phosphate dicalcique ;  $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ; brushite], l'hydrogénophosphate calcique anhydre [phosphate dicalcique anhydre,  $\text{CaHPO}_4$  : monétite] et l'hydroxyapatite [ $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$ , auquel l'on fait souvent référence commercialement par le terme de « phosphate tricalcique »].

La formule chimique idéale de l'hydroxyapatite est  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$ . Il est toutefois bien connu dans la littérature que le réseau cristallin qui possède cette formule idéale, est extrêmement tolérant en ce qui concerne les substitutions d'anions et de cations dans le réseau.

La substitution de cations par des éléments comme le magnésium, le strontium, le baryum, le sodium, le plomb et un grand nombre d'autres atomes est bien connue.

La substitution d'anions peut prendre trois formes différentes.

Premièrement, une partie des groupements de phosphate trivalent ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) peut être remplacée par  $\text{HPO}_4^{2-}$ , ceci conduisant à une apatite non stœchiométrique.

## 3

Deuxièmement, les groupements de phosphate trivalent ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) peuvent être remplacés par d'autres anions complexes comme les carbonates ou les vanadates.

5 Troisièmement, le groupement hydroxyle ( $\text{OH}^-$ ) peut être remplacé partiellement ou complètement par d'autres anions comme le fluorure ou le chlorure.

10 Une substitution couplée est également bien connue, dans laquelle un ion est remplacé par un autre ion de charge différente et la neutralité de charges est maintenue par des substitutions ailleurs dans les ions du réseau avec des charges différentes ou par des vacances.

Dans l'ensemble de ces substitutions, le facteur qui reste commun et distingue le matériau comme étant une hydroxyapatite est son diagramme caractéristique de diffraction aux rayons X.

15 Dans le cadre de la présente invention, le terme « hydroxyapatite », fait référence substantiellement aux phosphates de calcium qui présentent le diagramme de diffraction aux rayons X de l'hydroxyapatite.

Sans pour autant lier la portée du brevet à une formule, les phosphates de l'invention peuvent être représentés par la formule suivante :

20 
$$\text{Ca}_{5-x}(\text{PO}_4)_{3-x}(\text{HPO}_4)_x(\text{OH})_{1-x} \text{ (I)}$$

dans ladite formule, x varie entre 0 et 1, de préférence entre 0,1 et 0,5.

L'invention inclut le cas où de faibles quantités par exemple moins de 5 % en poids, de préférence entre 0,01 et 3 % en poids de calcium sont substitués par un autre cation, en particulier le cation de la base (sodium, potassium).

25 L'invention inclut aussi le cas où de faibles quantités de groupements phosphate trivalent ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) sont substitués par des anions complexes (exemple, carbonate et vanadate) et d'ions hydroxy remplacés par un autre anion, par exemple un halogénure, notamment chlorure ou fluorure.

30 Les phosphates de calcium conviennent tout à fait bien en tant qu'excipients dans un grand nombre d'applications d'excipients en raison de leurs propriétés intrinsèques.

Ils sont de couleur blanche. Ils sont stables lors du stockage et ne se modifient pas du point de vue chimique au court du temps. Ils sont en général  
35 stables vis-à-vis des matières actives et des autres ingrédients présents dans un comprimé.

Les phosphates de calcium sont en général inertes par rapport aux matières actives en raison de leur solubilité très faible dans tous les solvants, tout spécialement dans l'eau.

Ils présentent des profils de désintégration excellents avec les agents de  
5 désintégration classiques (croscarmellose sodique) et ils sont compatibles avec une large gamme de matières actives.

Il existe un grand nombre de méthodes de synthèse qui fournissent l'hydroxyapatite en tant que produit final.

10 Celles-ci sont bien connues dans la littérature.

D'une manière générale, il existe deux voies basse température en vue de la préparation de phosphates de calcium d'hydroxyapatite à savoir la précipitation directe et l'hydrolyse.

Dans la voie de précipitation directe, des sources de calcium et de  
15 phosphates sélectionnées d'une manière appropriée entrent en réaction ensemble dans de l'eau pour fournir un phosphate de calcium d'hydroxyapatite.

Le choix des sources de calcium est grand, par exemple l'hydroxyde de calcium, le chlorure de calcium, l'acétate de calcium, le nitrate de calcium sont parmi quelques-uns des matériaux bien connus utilisés dans la précipitation  
20 directe de phosphate de calcium d'hydroxyapatite. L'hydroxyde de calcium est préféré.

Les sources de phosphate comprennent l'acide phosphorique, les phosphates de sodium, les phosphates d'ammonium, les phosphates de potassium, parmi d'autres. L'acide phosphorique est préféré.

25 En général pour la voie de précipitation directe, les matériaux de départ doivent posséder tout simplement une certaine solubilité dans l'eau.

On obtient le phosphate de calcium d'hydroxyapatite par précipitation dans l'eau de la source de calcium et de la source de phosphate.

La voie par hydrolyse se base sur le fait que le phosphate de calcium  
30 d'hydroxyapatite est la phase la plus stable du point de vue thermodynamique pour les phosphates de calcium en présence d'eau.

L'hydrolyse du phosphate de calcium du type brushite en solutions aqueuses fournit le phosphate de calcium d'hydroxyapatite.

Un exemple de cette voie est décrit selon US 4 335 086, dans lequel la  
35 préparation du phosphate de calcium d'hydroxyapatite est décrite en vue de l'utilisation en chromatographie sur colonne.

Il est également possible d'utiliser la brushite et la monétite comme excipients.

La brushite et la monétite de phosphates dicalciques peuvent être synthétisées de manière directe sous forme de particules relativement grosses  
5 qui présentent de bonnes propriétés d'écoulement.

Ces matériaux présentent également de bonnes caractéristiques de compressibilité dans les applications à compression directe.

Les phosphates de calcium sont produits de la manière la plus économique par la réaction de solutions d'acide phosphorique avec des solutions ou des  
10 suspensions d'hydroxyde de calcium.

Par conséquent, par une variation des quantités relatives de calcium et de phosphate selon la stoichiométrie réactionnelle, on peut préparer la monétite ou la brushite.

En contrôlant les vitesses d'addition et les concentrations des réactifs, on  
15 peut préparer de grosses particules de monétite et de brushite.

Ces grosses particules présentent un bon écoulement et fournissent une compressibilité élevée.

Le brevet US 5 486 365 enseigne un procédé de granulation du phosphate de calcium de brushite ( $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) par séchage par atomisation d'une  
20 suspension aqueuse de brushite.

Le phosphate de calcium de brushite est cristallisé dans des conditions spéciales exigeant l'utilisation d'acides organiques pour contrôler la morphologie des cristaux de brushite.

Alors que la brushite et la monétite de phosphates dicalciques sont utiles  
25 dans un grand nombre d'applications, elles présentent quelques inconvénients.

La brushite ( $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) contient de l'eau faisant partie de sa structure cristalline, qui peut être libérée avec des effets négatifs, soit pendant la préparation des comprimés, soit si le matériau est stocké dans des conditions d'humidité élevée et de chaleur (températures supérieures à 40°C).

30 Cette libération potentielle d'eau peut avoir un effet négatif sur les matières actives dans la comprimé.

La monétite ( $\text{CaHPO}_4$ ) ne contient pas d'eau, mais possède effectivement une acidité faible qui peut aussi être néfaste à certaines matières actives.

Ces problèmes sont exacerbés dans les processus de granulation par voie  
35 humide en raison de la nécessité de l'élimination du solvant, ce qui a pour effet d'exagérer, soit la libération d'eau pour les excipients de brushite, soit l'acidité des excipients de monétite.

Pour ces raisons, on a envisagé d'utiliser un excipient de phosphate de calcium à base d'hydroxyapatite pour éviter tout à la fois le problème de l'eau et des réactions acides avec les matières actives.

5 Toutefois, par opposition aux phosphates de calcium de brushite et de monétite, il n'est pas possible de produire directement à partir d'hydroxyde de calcium et d'acide phosphorique, de grosses particules de phosphates de calcium d'hydroxyapatite présentant de bonnes propriétés d'écoulement.

10 L'hydroxyapatite, telle qu'elle est synthétisée à partir d'acide phosphorique et d'hydroxyde de calcium, est bien connue dans l'état de la technique pour être un matériau qui ne fournit pas de bons excipients.

Ceci est lié à deux problèmes dont le premier est la difficulté d'obtenir directement et économiquement de grosses particules d'hydroxyapatite.

15 Ceci est pris en compte par l'addition d'étapes de traitement supplémentaires coûteuses comme la granulation à rouleaux ou le séchage par atomisation.

Le deuxième problème se rapporte au fait qu'une fois de grosses particules obtenues, le produit, tout en étant compressible, exige des forces de compactage très élevées pour fournir des comprimés non friables.

20 Alors que les origines de ce fait ne sont pas comprises, et ne désirant pas être associé à une théorie quelconque, l'on pense que ces problèmes sont liés à la méthode selon laquelle l'hydroxyapatite est produite.

Par conséquent, l'hydroxyapatite est coûteuse à produire sous forme de granulés qui possède un bon écoulement et le matériau qui est produit ne présente pas de bonnes caractéristiques de compressibilité.

25 Il a été proposé afin de surmonter les problèmes de la compressibilité de l'hydroxyapatite, de préparer des mélanges intimes d'hydroxyapatite (auxquels l'on fait référence par le terme de phosphate tricalcique dans l'état de la technique) avec d'autres matériaux.

30 C'est ainsi que le brevet US 3 987 204 enseigne que l'hydroxyapatite, à elle seule, n'est pas un excipient utile, mais qu'en ajoutant des quantités substantielles de farine de caroube au phosphate de calcium d'hydroxyapatite, l'on peut produire un matériau directement compressible.

35 Ce processus met en jeu l'utilisation d'autres constituants et un traitement coûteux et prolongé de mélange et alors de séchage du produit hydroxyapatite/farine de caroube.

L'addition de cellulose microcristalline à l'hydroxyapatite est décrite dans le brevet US 4 781 925 pour améliorer les caractéristiques de compressibilité. L'objet de ce brevet est d'incorporer des agents de désintégration dans les

comprimés d'hydroxyapatite en vue d'une utilisation en tant que supplément de calcium.

La cellulose microcristalline est bien connue pour fournir des caractéristiques de compressibilité excellentes, mais cette dernière est chère et son utilisation exige une étape de mélange supplémentaire dans le processus.

Par conséquent, il est souhaitable de posséder un phosphate de calcium d'hydroxyapatite pour des raisons de compatibilité de l'excipient avec les matières actives, tout en ayant, en même temps, une hydroxyapatite qui présente de bonnes caractéristiques d'écoulement et de compressibilité et qui soit accessible à raison d'un coût modeste.

Ce type de matériau n'a jamais été mis à disposition dans l'état de la technique.

Un objectif de la présente invention est de fournir un excipient qui soit utile dans une large gamme d'applications, et qui puisse être utilisé dans des processus de fabrication des comprimés par compression directe ou par granulation par voie humide.

Un autre objectif de la présente invention est de fournir un excipient utile dans les procédés à compression directe qui possède une compressibilité améliorée.

Un objectif supplémentaire de l'invention est de fournir un excipient de phosphate de calcium amélioré approprié à la compression directe.

Un objectif supplémentaire est de fournir un excipient de phosphate de calcium à écoulement libre qui a des caractéristiques supérieures de compressibilité et qui soit approprié aux applications à compression directe.

Un autre objectif de la présente invention est de fournir un excipient qui soit économique en termes de coûts de production.

Un premier objet de l'invention réside dans un phosphate de calcium d'hydroxyapatite se présentant sous la forme de granulés.

Les granulés obtenus selon l'invention présentent des caractéristiques physico-chimiques précisées ci-après.

Les définitions et les méthodes de détermination des caractéristiques données ci-après, sont précisées dans les exemples.

Les granulés sont de couleur blanche.

Ainsi, la taille de particules peut s'échelonner entre 1 et 500 µm.

Plus précisément, au moins 90 % en poids des particules sont supérieures à 10 microns et 90 % en poids des particules inférieures à 300 microns, de préférence inférieures à 260 microns.

5 Précisons que la détermination des tailles se fait par passage sur des tamis métalliques.

Généralement, la taille des particules exprimée par le diamètre médian ( $d_{50}$ ) est comprise entre 100  $\mu\text{m}$  et 250  $\mu\text{m}$ , de préférence entre 150  $\mu\text{m}$  et 190  $\mu\text{m}$ . On définit le diamètre médian comme étant tel que 50 % en poids des

10 La figure 1 représente une photographie prise au microscope électronique à balayage qui illustre la morphologie de type granulés du phosphate de calcium d'hydroxyapatite obtenu selon l'invention.

Les granulés de phosphate de calcium d'hydroxyapatite ont une densité qui peut être plus ou moins élevée. La densité apparente (non tassée) des granulés

15 est de préférence, d'au moins 0,6 et se situe encore plus préférentiellement entre 0,6 et 1,0, de préférence entre 0,68 et 0,72.

La densité apparente (tassée) des granulés est de préférence, d'au moins 0,7 et se situe encore plus préférentiellement entre 0,7 et 1,1, de préférence entre 0,76 et 0,82.

20 Ils présentent avantageusement une surface spécifique BET comprise entre 10 et 100  $\text{m}^2/\text{g}$ , de préférence comprise entre 50 et 80  $\text{m}^2/\text{g}$ .

Les granulés de phosphate de calcium selon l'invention présentent une cohésion adaptée à de bonnes propriétés d'écoulement.

25 L'indice d'écoulement mesuré en instantané est toujours largement supérieur à 10.

Les granulés de phosphate de calcium d'hydroxyapatite ont des caractéristiques de compressibilité supérieures par rapport à d'autres phosphates de calcium.

Ainsi, le profil de compressibilité peut être défini ainsi :

- 30
- de 15 à 40 KPa pour une compression de 30 KN,
  - de 10 à 25 KPa pour une compression de 20 KN,
  - de 3 à 10 KPa pour une compression de 10 KN.

L'invention réside donc en des granulés de phosphate de calcium ayant une forme physique leur permettant de résister à l'attrition, qui conservent une

35 porosité interne importante et, de ce fait, une vitesse de dissolution rapide, lors de leur utilisation.

On précisera, que la vitesse de désintégration dans l'eau, des granulés de l'invention est inférieure à 60 s, de préférence, inférieure à 25 s et encore plus



préférentiellement comprise entre 5 et 20 s. Les valeurs données correspondent à celles obtenues en mettant en œuvre le test USP 26(2040), « *Disintegration and dissolution of nutrional supplements* » de la Pharmacopée américaine.

La structure originale des produits de l'invention est obtenue grâce à un  
5 procédé de fabrication parfaitement adapté.

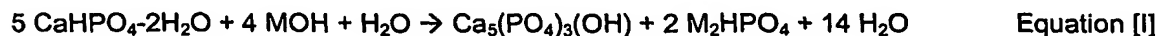
Un autre objet de l'invention est le procédé de préparation dudit phosphate de calcium d'hydroxyapatite sous forme de granulés ayant de bonnes caractéristiques d'écoulement et de compressibilité, caractérisé par le fait qu'il  
10 comprend le traitement d'une suspension de phosphate dicalcique de brushite ayant une taille de particules telles que 90 % en poids d'entre elles soient inférieures à 300 microns, de préférence inférieures à 260 microns et que 90 % en poids d'entre elles soient supérieures à 10 microns, à l'aide d'une solution  
15 basique, le maintien du pH à au moins 7,0, pendant une période de temps suffisante pour permettre la transformation du phosphate de calcium de brushite en phosphate de calcium d'hydroxyapatite.

Préférentiellement, l'hydrolyse est effectuée par chauffage d'une suspension aqueuse à une température et pendant une période de temps suffisante pour permettre le maintien du pH à un niveau stable.

20 Selon un premier mode de réalisation qui est préféré, on chauffe la suspension aqueuse à la température réactionnelle choisie puis l'on introduit la base tout en régulant le pH.

Selon une autre variante, on ajoute d'abord la base de façon à réguler le pH puis l'on chauffe le milieu à la température réactionnelle choisie.

25 L'invention peut être mieux comprise par référence à l'équation générale suivante pour l'hydrolyse alcaline de la brushite en hydroxyapatite :



30 dans laquelle M est le cation apporté par la base, de préférence un cation alcalin, par exemple  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ . Le pH est maintenu à une valeur d'au moins 7,0, de préférence compris entre 7 et 10 et plus préférentiellement compris entre 8 et 8,5.

35 La présente invention est une amélioration par rapport à l'état de la technique en ce que le phosphate de calcium d'hydroxyapatite présentant de bonnes caractéristiques d'écoulement et de compressibilité est obtenu directement par le procédé décrit ci-dessus.

La nouvelle forme de présentation sous forme de granulés du phosphate de calcium d'hydroxyapatite conduit à de nombreux avantages lorsque lesdits granulés sont utilisés comme excipients. Ainsi, ils présentent une capacité de compactage plus élevée par compression directe ce qui, à son tour, fournit des comprimés plus durs, moins friables et réduit l'utilisation de liants et par là-même les coûts, réduit la taille des comprimés, réduit l'énergie requise pour obtenir une dureté de comprimé désirée. De plus, ils permettent la mise en œuvre des matières actives médiocrement compatibles avec la brushite et la monétite. En raison d'un écoulement amélioré des granulés, ceux-ci conduisent à une meilleure uniformité de composition des comprimés obtenus, permettant des vitesses de compression plus élevées et permettant la mise en œuvre des médicaments ou des matières actives à écoulement médiocre.

Alors qu'il est bien connu (selon US 4 335 086) que l'hydroxyapatite peut être préparée par l'intermédiaire de l'hydrolyse des hydrogénophosphates de calcium, on a constaté de manière inattendue que grâce à une sélection de la granulométrie du phosphate de calcium de brushite de départ, l'hydroxyapatite ainsi formée par hydrolyse alcaline possède des caractéristiques de compression supérieures tout à la fois au phosphate de calcium de brushite de départ et à d'autres matériaux d'hydroxyapatite produits à partir de procédés différents.

Ce nouveau phosphate de calcium d'hydroxyapatite peut être préparé en partant d'un phosphate de calcium de brushite préparé par un procédé connu quelconque qui prépare le phosphate de calcium de brushite comme défini ici.

Pour obtenir un phosphate de calcium d'hydroxyapatite qui a de bonnes caractéristiques d'écoulement, celui-ci doit avoir selon l'invention, une répartition granulométrique telle que 90 % en poids des particules soient inférieures à environ 300 microns, de préférence inférieures à 260 microns et qu'au moins 90 % en poids des particules soient supérieures à environ 10 microns.

Pour ce faire, le matériau de départ de phosphate de calcium de brushite a une répartition granulométrique telle que 90 % en poids des particules soient inférieures à environ 300 microns, de préférence inférieures à 260 microns et qu'au moins 90 % en poids des particules soient supérieures à environ 10 microns.

Cette répartition granulométrique peut être obtenue par élimination des particules à l'extérieur de ce domaine.

L'opération de sélection granulométrique est effectuée par tamisage.

Dans un mode de réalisation préféré, la taille des particules exprimée par le diamètre médian ( $d_{50}$ ) est compris entre 100  $\mu\text{m}$  et 250  $\mu\text{m}$ , de préférence entre 150  $\mu\text{m}$  et 190  $\mu\text{m}$ .

De plus, puisque le produit final hydroxyapatite doit être conforme aux  
5 réglementations gouvernant l'utilisation de constituants pharmaceutiques, le phosphate de calcium de brushite devrait également respecter les exigences de pureté relatives aux constituants pharmaceutiques, telles qu'elles sont détaillées dans la pharmacopée.

Ainsi, les spécifications pharmaceutiques européennes du phosphate de  
10 calcium de brushite dans le cas d'un emploi dans le domaine pharmaceutique sont telles que la teneur en  $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  est comprise entre 98,0 et 105,5 % en poids et que la teneur en ions chlorure est inférieure ou égale à 330 ppm ; la teneur en ions fluorure inférieure ou égale à 100 ppm ; la teneur en arsenic inférieure ou égale à 10 ppm ; des teneurs en métaux lourds et fer  
15 respectivement inférieures ou égales à 40 ppm et 400 ppm.

Conformément au procédé de l'invention, intervient une base pour effectuer la réaction d'hydrolyse qui peut être choisie parmi celles qui sont facilement solubles dans l'eau et qui sont compatibles en vue d'une utilisation avec des  
20 constituants pharmaceutiques dans le sens où ils n'introduisent pas de matériau non désiré quelconque qui pourrait contaminer le produit final et qui pourrait le rendre inapproprié à une utilisation par rapport aux exigences de la Pharmacopée.

L'utilisation des bases  $\text{NaOH}$ ,  $\text{NH}_4\text{OH}$  et  $\text{KOH}$  est appropriée à la réaction d'hydrolyse.

25 On fait appel avantageusement à une solution aqueuse basique ayant une concentration comprise entre 20 et 40 % en poids.

Dans la réaction du phosphate de calcium de brushite avec une solution aqueuse alcaline, il est préférable de garder le pH dans le domaine de 7,0 à 10,0 et plus préférablement dans le domaine de 8,0 à 8,5 pendant la réaction  
30 d'hydrolyse.

Il est possible d'effectuer l'hydrolyse à des valeurs de pH inférieures à 8,0, mais la réaction progresse plus rapidement au sein du domaine précité.

Le maintien du pH à 7 nécessite une durée d'hydrolyse plus longue mais cette dernière se poursuit néanmoins.

35 Sans l'addition d'une base, l'unique produit qui est produit à partir du phosphate de calcium de brushite est le phosphate de calcium de monétite.

Il est avantageux d'effectuer la réaction à une température supérieure à la température ambiante (le plus souvent comprise entre 15°C et 25°C), de

préférence supérieure à environ 50°C et encore plus préférentiellement comprise entre 60°C et 100°C. La température idéale se situe aux environs de 90°C.

Aux températures inférieures à 50°C, on a constaté que la réaction nécessite une durée plus longue.

5        La réaction d'hydrolyse peut être effectuée à l'aide de toute concentration de suspension aqueuse de brushite.

La brushite est maintenue en suspension pendant l'hydrolyse pour garantir l'obtention de granulés homogènes.

10       Les réactifs sont mis en réaction de préférence avec une agitation suffisante afin de maintenir la brushite en suspension aqueuse.

En pratique, il est difficile de maintenir la brushite en suspension lorsque la concentration est supérieure à environ 50 % en poids. Elle est avantageusement comprise entre 30 et 40 % en poids.

15       Une agitation exagérée n'améliore pas la vitesse de réaction et peut conduire à une fractionnement des particules avec une perte correspondante en rendement utile.

20       La quantité de base mise en œuvre est voisine de celle définie par la stoechiométrie de l'équation [1]. Ainsi, la base peut être utilisée dans une quantité telle qu'elle représente de 80 à 110 % de la quantité stoechiométrique exprimée par rapport au phosphate de calcium de brushite.

25       Il est possible d'ajouter la totalité de la base au début de la réaction, mais dans le procédé préféré de l'invention, la solution basique est ajoutée optimalement d'une manière progressive, c'est-à-dire au fur et à mesure de la progression de la réaction tout en maintenant la valeur de pH dans la zone prédéfinie.

La solution basique peut être ajoutée par toute méthode quelconque commode, soit directement dans la suspension aqueuse, soit en dérivant une fraction du milieu en formant une boucle de circulation et en introduisant la base au niveau de la boucle de dérivation.

30       La mesure du pH est effectuée par toute méthode convenable, soit en plaçant un détecteur de pH directement dans la suspension aqueuse, soit en mettant le détecteur de pH dans la ligne de dérivation précédemment mentionnée.

35       Une fois que le pH est resté stable pendant une période de temps appropriée, approximativement 30 minutes, la transformation du phosphate de calcium de brushite en phosphate de calcium d'hydroxyapatite est complète et le solide peut être séparé de la solution aqueuse.

Ceci peut être accompli de préférence par filtration ou centrifugation. Le solide est lavé à l'aide d'eau et est alors séché.

Le lavage est conduit à l'eau mise en œuvre en une proportion telle qu'elle représente généralement deux fois le volume du gâteau.

5 Le séchage est effectué le plus souvent à l'air, de préférence par chauffage du phosphate de calcium d'hydroxyapatite à une température comprise entre 80 et 120°C, de préférence aux environs de 110°C pour éliminer l'humidité absorbée par voie physique.

10 Le phosphate de calcium d'hydroxyapatite qui est préparé par le procédé de l'invention est très pur, comme on le constate en cas de mesure par diffraction aux rayons X.

Les granulés de phosphate d'hydroxyapatite obtenus selon la présente invention peuvent être utilisés dans le domaine pharmaceutique.

15 Les applications des granulés de l'invention sont celles du phosphate de calcium.

De plus, ils présentent l'avantage d'apporter un supplément de calcium et de phosphore dans l'alimentation.

20 Lesdits éléments jouent un rôle important dans la constitution et le fonctionnement des nerfs, des os, des muscles, des dents.

Les granulés de l'invention présentent notamment l'avantage d'être directement utilisables pour formuler des matières actives par compression directe.

25 Par « matière active », on entend tout produit destiné à l'administration par voie orale ayant un effet bénéfique ou désiré sur l'utilisateur.

Ainsi, la matière active peut être tout produit ayant des propriétés pharmacologiques c'est-à-dire ayant une action préventive ou curative sur un organisme vivant.

30 On inclut également les produits relevant de la para-pharmacie comme par exemple les vitamines ou les apports d'oligo-éléments minéraux susceptibles d'être mis sous la forme de comprimés.

35 Comme exemples de matières actives de type thérapeutique, on peut citer à titre non limitatif les anti-rhumatismaux et anti-inflammatoires non stéroïdiens (kétoprofène, ibuprofène, flurbiprofène, indométacine, phénylbutazone, allopurinol, nabumétone...), les analgésiques opiacés ou non (paracétamol, phénacétine, aspirine ...), les antitussifs (codéine, codéthyline, alimémazine ...), les psychotropes (trimipramine, amineptine, chlorpromazine et dérivés des phénothiazines, diazépam, lorazépam, nitrazépam, méprobamate, zopiclone, et

dérivés de la famille des cyclopyrrolones ...), les stéroïdes (hydrocortisone, cortisone, progestérone, testostérone, prednisolone, triamcinolone, dexaméthazone, betaméthazone, paraméthazone, fluocinolone, bécloéthazone ...), les barbituriques (barbital, allobarbital, phénobarbital, pentobarbital, amobarbital ...), les agents antimicrobiens (péfloxacin, sparfloxacin, et dérivés de la classe des quinolones, tétracyclines, synergistines, métronidazole ...), les médicaments destinés au traitement des allergies, notamment les anti-asthmatiques, les antispasmodiques et antisécrétoires (oméprazole), les vasodilatateurs cérébraux (quinacéanol, oxprénolol, propranolol, nicergoline.....), les protecteurs cérébraux, les protecteurs hépatiques, les agents thérapeutiques à visée gastro-intestinale, les agents contraceptifs, les vaccins oraux, les agents antihypertenseurs et les agents cardiovasculaires ou cardioprotecteurs tels que les bêta-bloquants et les dérivés nitrés.

La quantité de matière(s) active(s) entrant dans les comprimés préparés selon le procédé de la présente invention peut varier dans de larges limites. Elle est plus particulièrement comprise entre 0,001 et 95 % en poids de la composition totale, le complément étant assuré par la matrice.

Interviennent donc comme constituants principaux de la matrice, les granulés de phosphate de calcium d'hydroxyapatite de l'invention.

Le phosphate de calcium d'hydroxyapatite forme en général entre 10 % et 100 % en poids de la matrice. Elle représente avantageusement au moins 80 % et de préférence au moins 90 % en poids de la matrice.

On ajoute avantageusement aux granulés, un agent lubrifiant tel que le stéarate de magnésium, selon une quantité qui est en général de l'ordre de 0,5 % en poids.

On peut également ajouter aux granulés, un agent désintégrant pour favoriser le défillement ultérieur des comprimés. Il peut s'agir d'amidon, notamment de l'amidon de maïs ou du croscarmellose sodique, incorporé selon une quantité pouvant varier entre 5 et 10 % en poids.

La matrice peut comporter en outre un ou plusieurs excipients pharmaceutiquement acceptables, plus particulièrement des agents diluants, des agents de cohésion, des agents lubrifiants et des agents colorants et des arômes tels que les saccharides, notamment le lactose et le saccharose, les acides gras tels que l'acide stéarique, par exemple ; le polyéthylèneglycol ; d'autres phosphates tels que le phosphate dicalcique, la silice, les silicoaluminates, les dérivés celluloses notamment l'HMPC, la gomme Xanthane, la gélatine, la polyvinylpyrrolidone.

Les granulés de l'invention sont mélangés avec la ou les matières actives et éventuellement les autres excipients de la composition, selon toute méthode de mélange solide/solide connue et comprimés à sec par compression directe, c'est-à-dire sans utilisation d'eau ou d'un solvant organique tel que l'éthanol.

5 Selon l'invention l'opération de compression consécutive au mélange des excipients et du ou des matières actives est généralement mise en oeuvre sous une force pouvant aller de 6 à 30 kN (mesure au niveau du galet de compression) et de préférence de l'ordre de 10 à 20 kN. Cette opération de compression est, de préférence, précédée d'une pré-compression sous une  
10 force pouvant aller de 0,5 à 2,5 kN.

De grandes vitesses de compression peuvent être atteintes grâce au procédé selon l'invention, sans pour autant altérer la qualité des comprimés. Il est notamment possible d'atteindre des vitesses supérieures à 150 000 comprimés/heure, sans entraîner de clivage.

15 Les comprimés obtenus selon l'invention présentent l'avantage de pouvoir libérer rapidement le principe actif mais aussi de bonnes propriétés mécaniques, notamment de friabilité.

Les comprimés obtenus présentent une friabilité mesurée selon la méthode référencée par la Pharmacopée Américaine USP 26 sous le n°1216  
20 inférieure à 1 %.

Le temps de désintégration mesuré selon la méthode référencée par la Pharmacopée Américaine USP 26 sous le n°2040 est inférieur à 1 minute.

De manière à illustrer plus complètement la nature de l'invention et la façon  
25 de la mettre en pratique, on donne des exemples de réalisation de l'invention 1 à 4.

L'exemple 5 est un exemple comparatif où le phosphate de calcium d'hydroxyapatite est préparé par précipitation directe suivie d'un compactage préalable sous forme de granulats.

30

Avant de détailler les exemples, on précise les méthodes utilisées pour la détermination des différentes caractéristiques des produits obtenus.

- la densité apparente tassée et non tassée :

On la mesure sur un appareil illustré par la figure 6.

35 On commence par peser l'éprouvette vide (2).

On introduit dans l'éprouvette (2) la poudre à mesurer à l'aide de l'entonnoir (1), de manière à ce que le haut du lit de poudre vienne au ras du haut de l'éprouvette jaugée à 250 cm<sup>3</sup> (niveau A).

On détermine la masse de la poudre par pesée de l'éprouvette pleine.

On assujettit l'éprouvette sur le support (3) par l'intermédiaire de pinces (4).

On met à zéro le compteur (8) qui totalise le nombre de coups imposés au fond de l'éprouvette.

- 5 L'éprouvette est soumise à des chocs verticaux appliqués à sa base par l'intermédiaire d'un marteau (5) actionné par un moteur (6) via une came (7). On arrête l'opération lorsque le volume obtenu est constant (niveau B).

On enregistre l'évolution du volume apparent lu sur les graduations de l'éprouvette en fonction du nombre de coups appliqués à l'aide d'un marteau.

- 10 On obtient une courbe expérimentale de tassement.

Volume apparent = f (nombre de coups) que l'on transforme en une courbe densité apparente = f (nombre de coups).

On détermine la densité apparente selon la relation :

15 
$$\text{densité apparente} = \frac{\text{masse de la poudre introduite (g)}}{\text{volume apparent (cm}^3\text{)}}$$

- la granulométrie :

- 20 Elle est mesurée par diffraction de la lumière laser dans les suspensions aqueuses sans ultrasons et sans agent dispersant, par utilisation d'un analyseur granulométrique Beckman Coulter LS230™, en utilisant la théorie de Mie.

- la surface spécifique BET :

- 25 La superficie dans tous les exemples est mesurée selon la norme NF ISO 9277, par adsorption d'azote en utilisant la méthode BET à un point et un dispositif d'analyse de surface Micromeritics Flowsorb™. Avant la mesure, tous les échantillons sont soumis à un séchage à l'air dans une étuve, 2 heures à la température de 200°C.

30 - la capacité d'écoulement :

La capacité d'écoulement dans tous les exemples est mesurée selon un test effectué à l'aide d'un appareillage Van-Kel™ Flowmeter model (VK10210).

- 35 Le principe du test consiste à faire écouler 200 grammes de matériau à travers une filière à comprimés du type "B" "7/16". On définit le temps qu'il faut pour écouler les 200 g de matériau. La coulabilité est exprimée en termes de débit soit en g/s.

- la dureté des comprimés :



Les comprimés sont testés, pour ce qui est de la dureté, par utilisation d'un duromètre pour comprimés Schleuniger Tablet Hardness Tester™, modèle 28/106.

Le principe consiste à mettre le comprimé entre les mâchoires de compression et d'exercer une force croissante jusqu'à ce que le comprimé soit écrasé.

La force est enregistrée et exprime la dureté du comprimé.

La dureté indiquée est la moyenne de la dureté de 10 comprimés.

10

### EXEMPLES

#### Exemple 1

On charge à température ambiante dans un réacteur à double enveloppe dans laquelle circule de l'eau, un phosphate dicalcique de brushite ayant une taille de particules telle que 90 pour cent d'entre elles sont inférieures à 260 microns et que 90 pour cent d'entre elles sont supérieures à 10 microns (produit DITAB, fabriqué par la Société Rhodia) en une quantité telle que l'on obtienne une suspension aqueuse ayant une concentration de 40 % en poids.

On agite la suspension au moyen d'un agitateur mécanique et l'on chauffe à 60°C par l'intermédiaire de la circulation d'eau chaude.

Le pH de la réaction est régulé à 8,0 à l'aide d'un régulateur de pH.

Dès que le pH est inférieur à cette valeur, le pH est remonté par addition d'une solution aqueuse d'hydroxyde d'ammonium à 20 % exprimé en poids de NH<sub>3</sub>.

On maintient le chauffage à une température de 60°C.

Après 4 heures, la suspension est refroidie et le solide résultant est séparé de la solution par filtration.

Le solide est lavé à l'aide d'eau et est alors séché à une température de 110°C.

Le produit obtenu a une répartition granulométrique de 90 pour cent inférieure à 260 microns et de 90 pour cent supérieure à 10 microns.

D'autres caractéristiques du produit sont rassemblées dans le tableau (I) donné plus loin.

35

#### Exemple 2

On effectue le même traitement, tel décrit dans l'exemple 1, à l'exception du maintien de la température à 90°C.

**Exemple 3**

On effectue le même traitement, tel décrit dans l'exemple 2, à l'exception de ce que la base utilisée est une solution aqueuse à 20 % en poids d'hydroxyde de sodium.

**Exemple 4**

On effectue le même traitement, tel décrit dans l'exemple 3, à l'exception de ce que la base utilisée est une solution aqueuse à 30 % en poids d'hydroxyde de potassium.

**Exemple comparatif 5**

On prépare un phosphate de calcium d'hydroxyapatite selon un procédé classique qui consiste à charger dans un réacteur, une suspension d'hydroxyde de calcium à 12 % (poids/poids), à charger la suspension à une température de 60°C et alors à ajouter une solution de  $H_3PO_4$  à 20 % en poids à la suspension de chaux, jusqu'à ce que le pH de la suspension résultante soit compris entre 6 et 7.

On filtre la suspension sur filtre à vide et l'on sèche à une température de 110°C dans un four pendant 8 heures.

On prépare des granulats en alimentant le produit sec ainsi obtenu un système Fitzpatrick Chilsonator™, équipé de rouleaux de 10 cm de large et de 75 cm de diamètre.

Les rouleaux ont une surface revêtue de cannelures sinusoïdales et sont séparés par un interstice de rouleaux de 0,05 cm.

On alimente le mélange pulvérulent par l'intermédiaire d'une bande transporteuse au dispositif de compactage du Chilsonator et qui est soumis à compactage par passage entre les rouleaux.

Un rouleau est forcé par voie hydraulique contre l'autre avec une pression de 70 kg/centimètre carré (pression manométrique).

La force de roulement (roll force) est d'environ 2143 kg par centimètre linéaire. Les rouleaux ont une vitesse de rotation de 16 tours par minute.

Le produit sort sous forme d'une feuille qui est fractionnée à l'aide d'un dispositif de broyage Ftizmill™, (modèle DAS06), équipé de lames de couteaux rotatives.

Le produit est déchargé du dispositif de broyage à travers un tamis qui a des ouvertures rondes de 0,125 cm.

Le produit compacté et broyé est alors directement alimenté à une unité de tamisage par vibrations.

Les tamis utilisés ont un diamètre de 120 cm.

Le premier tamis est classé à 36 TBC, "tensile bolting cloth" (soit une  
5 ouverture de maille de 541  $\mu\text{m}$ ) et le deuxième tamis en dessous est classé à 78 TBC (soit une ouverture de maille de 231  $\mu\text{m}$ ).

On sépare ainsi à l'aide de ces tamis de vibration la charge d'alimentation en trois portions.

On récupère la fraction médiane des particules, c'est-à-dire l'ensemble des  
10 particules qui passent à travers le tamis 36 TBC, mais qui ne peuvent pas passer à travers le tamis 78 TBC.

Les fractions supérieures et inférieures qui émergent des tamis de vibration sont évacuées en direction de la trémie d'alimentation du Chilsonator, mélangées à la charge d'alimentation brute pour le Chilsonator et sont ainsi  
15 recyclées.

#### Caractéristiques des granulés.

Les figures 1 à 3 données en annexe représentent des photographies prises au microscope électronique à balayage qui illustrent la morphologie des  
20 granulés phosphate de calcium d'hydroxyapatite selon l'exemple 2 de l'invention (figure 1), celle de la matière première à savoir le phosphate de calcium de brushite (figure 2) et la morphologie d'un phosphate de calcium d'hydroxyapatite préparé selon la technique antérieure décrite dans l'exemple 5 (figure 3).

La figure 4 représente un graphique qui correspond aux courbes cumulées  
25 pour la détermination du diamètre médian ( $d_{50}$ ) des différents exemples.

La figure 5 représente un graphique qui illustre la répartition granulométrique des différents exemples.

Les autres caractéristiques physico-chimiques des produits provenant des  
30 exemples sont décrites dans le tableau (I).

Tableau (I)

Matériau	Densité apparente g/cm <sup>3</sup>	Capacité d'écoulement g/s	Surface spécifique m <sup>2</sup> /g
Matériau de départ	0,870	33	2
Exemple 1	0,675	10,4	60
Exemple 2	0,721	11,9	53
Exemple 3	0,720	11,1	20
Exemple 4	0,932	13,3	78
Exemple comparatif 5	0,872	16,7	70

Caractéristiques des comprimés.

5 Des comprimés issus des exemples ci-dessus sont préparés en plaçant le phosphate de calcium d'hydroxyapatite (à raison de 97 pour cent), 2 % en poids d'agent de désintégration Ac-Di-Sol™ (croscarmellose stéarate) et 0,5 % en poids d'agent lubrifiant de stéarate de magnésium dans un malaxeur en V à double coque (Patterson Kelley™), équipé d'une barre d'intensification.

10 Le mélange est soumis à la procédure de mélange pendant 2 minutes avec la barre d'intensification à l'arrêt.

15 Les formulations sont mises sous forme de comprimés par compression directe sur une machine à comprimer rotative (Manesty™ B3B), équipée d'un outillage à coupe standard IPT de 7/16 de pouce.

La machine à comprimer est équipée de tensiomètres attachés à un enregistreur afin d'enregistrer la force de compression appliquée lors de chaque lot de comprimés.

On utilise 4 des 16 matrices de la machine à comprimer.

20 Les comprimés sont produits à une vitesse de 750 comprimés par minute sur la base de 16 matrices.

Le poids nominal des comprimés est de 675 mg.

25 Les caractéristiques de dureté des comprimés obtenus après compression sur la machine précitée du matériau de départ à savoir le phosphate de calcium de brushite, des granulés de l'invention obtenus selon les exemples 1 à 4 ainsi que du phosphate de calcium d'hydroxyapatite comparatif de l'exemple 5, sont rassemblées dans le tableau (II) qui suit.

Tableau (II)

Force de compression (kN)	Dureté du matériau de départ (kPa)	Dureté de l'exemple 1 (kPa)	Dureté de l'exemple 2 (kPa)	Dureté de l'exemple 3 (kPa)	Dureté de l'exemple 4 (kPa)	Dureté de l'exemple comparatif 5 (kPa)
10	3	6,3	3,8	8,5	4,1	1,8
20	7,7	17,8	16,5	21,7	14,4	4,2
30	15,2	31,5	19,8	39,6	23,6	-

5 De ce tout qui précède, l'on peut constater que le produit préparé conformément à la présente invention (exemples 1-4) présente des propriétés de compressibilité qui sont supérieures d'une manière significative à celles du matériau préparé par une voie classique (exemple 5) tout comme des propriétés de compressibilité supérieures à celles du matériau de départ [Tableau (II)].

10 Les propriétés d'écoulement des produits préparés conformément à la présente invention sont également bonnes, comme il ressort du tableau (I).

De plus, la totalité des comprimés préparés conformément à la présente invention (exemples 1-4) présentent de bons profils de désintégration, avec une vitesse de dissolution de moins d'une minute.

Revendications

- 1 - Phosphate de calcium sous forme de granulés manifestant un diagramme de diffraction aux rayons X d'hydroxyapatite, caractérisé par le fait qu'au moins  
5 90 % en poids des particules sont supérieures à 10 microns et 90 % en poids des particules inférieures à 300 microns, de préférence inférieures à 260 microns.
- 2 - Phosphate selon la revendication 1 caractérisé par le fait que la taille des  
10 granulés exprimée par le diamètre médian ( $d_{50}$ ) est compris entre 100  $\mu\text{m}$  et 250  $\mu\text{m}$ , de préférence entre 150  $\mu\text{m}$  et 190  $\mu\text{m}$ .
- 3 - Phosphate selon la revendication 1 caractérisé par le fait que la densité  
15 apparente (non tassée) des granulés est d'au moins 0,6 et se situe de préférence 0,6 et 1,0, et encore plus préférentiellement entre 0,68 et 0,72.
- 4 - Phosphate selon la revendication 1 caractérisé par le fait la densité  
20 apparente (tassée) des granulés est d'au moins 0,7 et se situe de préférence 0,7 et 1,1, et encore plus préférentiellement entre 0,76 et 0,82.
- 5 - Phosphate selon la revendication 1 caractérisé par le fait qu'il présente une  
surface spécifique BET comprise entre 10 et 100  $\text{m}^2/\text{g}$ , de préférence comprise entre 50 et 80  $\text{m}^2/\text{g}$ .
- 25 6 - Phosphate selon la revendication 1 caractérisé par le fait qu'il présente de bonnes propriétés d'écoulement.
- 7 - Phosphate selon la revendication 6 caractérisé par le fait qu'il présente un  
30 indice d'écoulement mesuré en instantané supérieur à 10.
- 8 - Phosphate selon la revendication 1 caractérisé par le fait qu'il présente de  
bonnes caractéristiques de compressibilité, par compression directe.
- 9 - Phosphate selon la revendication 8 caractérisé par le fait qu'il présente le  
35 profil de compressibilité suivant :
- de 15 à 40 KPa pour une compresssion de 30 KN,
  - de 10 à 25 KPa pour une compresssion de 20 KN,
  - de 3 à 10 KPa pour une compresssion de 10 KN.

10 - Phosphate selon la revendication 1 caractérisé par le fait qu'il présente une vitesse de désintégration dans l'eau inférieure à 60 s, de préférence, inférieure à 25 s et encore plus préférentiellement comprise entre 5 et 20 s.

5

11 - Phosphate selon la revendication 1 caractérisé par le fait qu'il répond à la formule suivante :



dans ladite formule, x varie entre 0 et 1, de préférence entre 0,1 et 0,5.

10

12 - Procédé de préparation d'un phosphate de calcium sous forme de granulés manifestant un diagramme de diffraction aux rayons X d'hydroxyapatite décrit dans l'une des revendications 1 à 11 caractérisé par le fait qu'il comprend le traitement d'une suspension de phosphate dicalcique de brushite ayant une taille de particules telles que 90 % en poids d'entre elles soient inférieures à 300 microns, de préférence inférieures à 260 microns et que 90 % en poids d'entre elles soient supérieures à 10 microns, à l'aide d'une solution basique, le maintien du pH à au moins 7,0, pendant une période de temps suffisante pour permettre la transformation du phosphate de calcium de brushite en phosphate de calcium d'hydroxyapatite.

15

20

13 - Procédé selon la revendication 12 caractérisé par le fait que la taille des particules du phosphate dicalcique de brushite est telle que le diamètre médian ( $d_{50}$ ) est compris entre 100  $\mu\text{m}$  et 250  $\mu\text{m}$ , de préférence entre 150  $\mu\text{m}$  et 190  $\mu\text{m}$ .

25

14 - Procédé selon la revendication 12, caractérisé par le fait que la base utilisée est choisie parmi : NaOH, KOH,  $\text{NH}_4\text{OH}$ .

30

15 - Procédé selon la revendication 12 caractérisé par le fait que le pH de la réaction d'hydrolyse du phosphate de dicalcique de brushite avec une solution aqueuse alcaline, est maintenu constant entre 7,0 et 10,0 et de préférence entre 8,0 et 8,5.

35

16 - Procédé selon la revendication 12 caractérisé par le fait la température de la réaction est supérieure à la température ambiante, de préférence supérieure à environ 50°C et encore plus préférentiellement comprise entre 60°C et 100°C.

17 - Procédé selon la revendication 16 caractérisé par le fait la température de la réaction se situe aux environs de 90°C.

5 18 - Procédé selon la revendication 12 caractérisé par le fait que la quantité de base mise en œuvre est telle qu'elle représente de 80 à 110 % de la quantité stoechiométrique exprimée par rapport au phosphate de calcium de brushite.

10 19 - Procédé selon la revendication 12 caractérisé par le fait que l'on chauffe la suspension aqueuse à la température réactionnelle choisie puis l'on introduit la base tout en régulant le pH.

15 20 - Procédé selon la revendication 12 caractérisé par le fait que l'on ajoute d'abord la base de façon à réguler le pH puis l'on chauffe le milieu à la température réactionnelle choisie.

21 - Procédé selon l'une des revendication 19 et 20 caractérisé par le fait que la solution basique est ajoutée d'une manière progressive, c'est-à-dire au fur et à mesure de la progression de la réaction tout en maintenant la valeur de pH dans la zone prédéfinie.

20 22 - Procédé selon la revendication 12 caractérisé par le fait que le phosphate de calcium d'hydroxyapatite est séparé de la solution aqueuse, de préférence par filtration ou centrifugation.

25 23 - Procédé selon la revendication 12 caractérisé par le fait que le phosphate de calcium d'hydroxyapatite est séché à une température comprise entre 80 et 120°C, de préférence aux environs de 110°C.

30 24 - Phosphate de calcium sous forme de granulés manifestant un diagramme de diffraction aux rayons X d'hydroxyapatite obtenu selon le procédé décrit dans l'une des revendications 12 à 23.

35 25 - Utilisation du phosphate de calcium d'hydroxyapatite sous forme de granulés selon l'une des revendications 1 à 11, 24 comme sources de phosphate et de calcium et/ou comme excipients dans les comprimés.

26 - Utilisation selon la revendication 25 caractérisée par le fait que les comprimés sont obtenus par compression directe.



27 - Comprimés caractérisés par le fait qu'ils comprennent du phosphate de calcium d'hydroxyapatite sous forme de granulés selon l'une des revendications 1 à 11, 22.

5

28 - Comprimés selon la revendication 27 caractérisés par le fait qu'ils comprennent du phosphate de calcium d'hydroxyapatite à raison de de 10 % à 100 % du poids de la matrice, et représentant de préférence au moins 80 % et encore plus préférentiellement au moins 90 % du poids de la matrice.

10

29 - Comprimés selon la revendication 27 caractérisés par le fait qu'ils comprennent en outre, une matière active à raison de 0,001 et 95 % en poids de la composition totale, le complément étant assuré par la matrice.

15

30 - Comprimés selon la revendication 27 caractérisés par le fait qu'ils comprennent en outre, un agent lubrifiant, notamment du stéarate de magnésium selon une teneur d'environ 0,5% en poids.

20

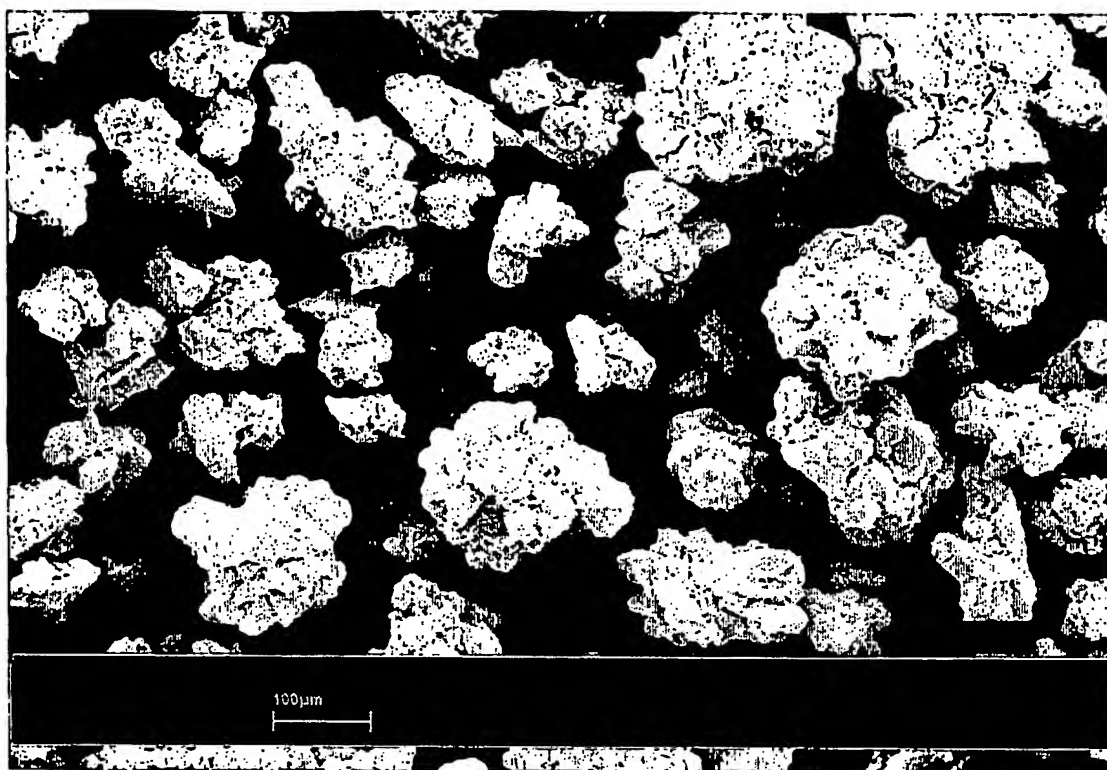
31 - Comprimés selon la revendication 27 caractérisés par le fait qu'ils comprennent en outre, un agent désintégrant, notamment de l'amidon ou le croscarmellose sodique selon une teneur de 5 à 10 % en poids.

25

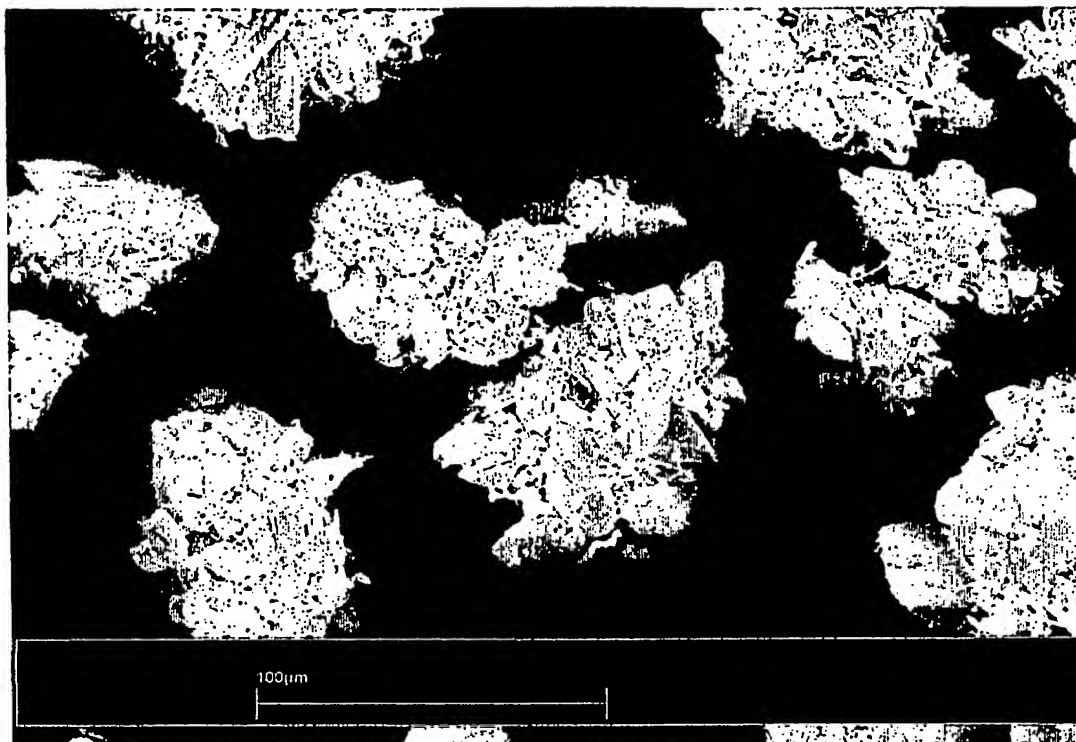
32 - Comprimés selon l'une des revendications 27 à 31 caractérisés par le fait qu'ils présentent une friabilité inférieure à 1 %.

33 - Comprimés selon l'une des revendications 27 à 32 caractérisés par le fait qu'ils présentent un temps de désintégration inférieur à 1 minute.

**Figure 1**



**Figure 2**



**Figure 3**

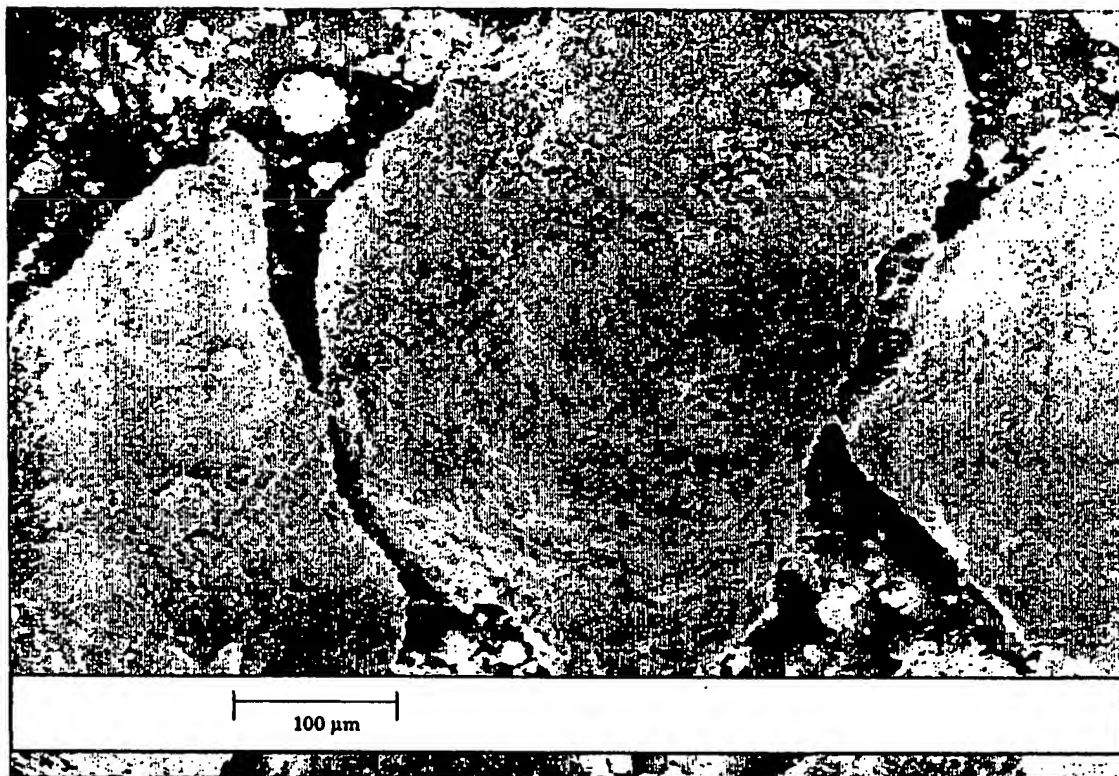


Figure 4

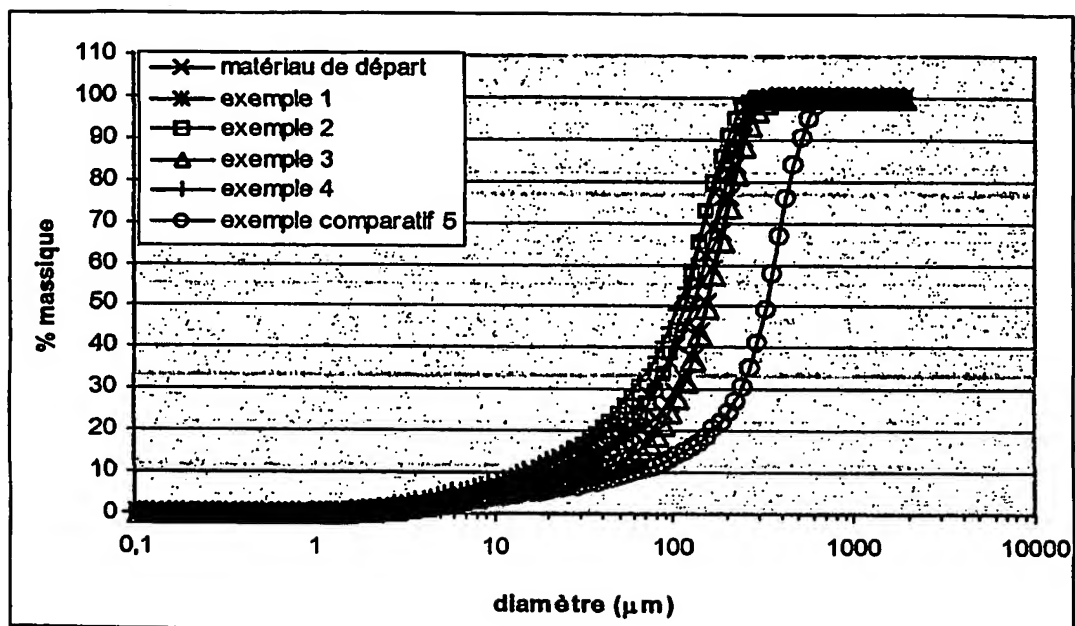


Figure 5

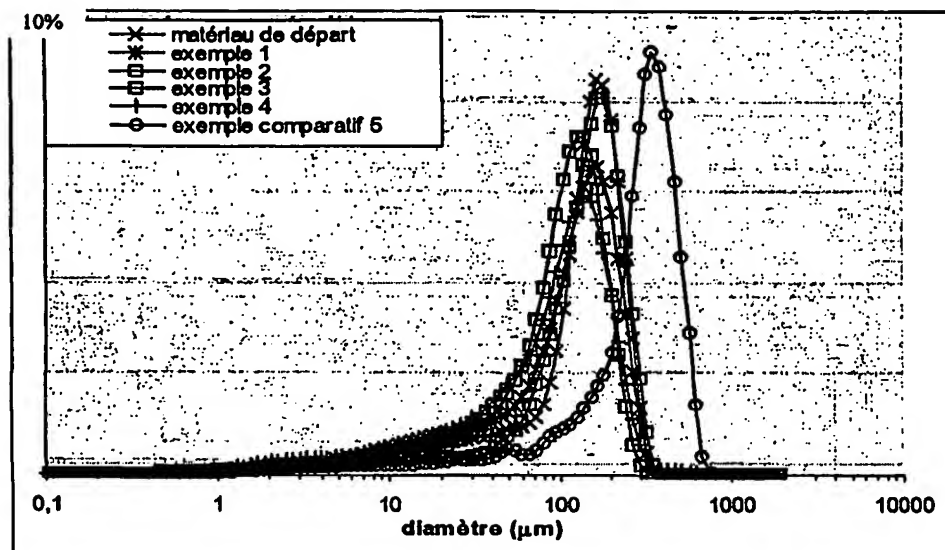
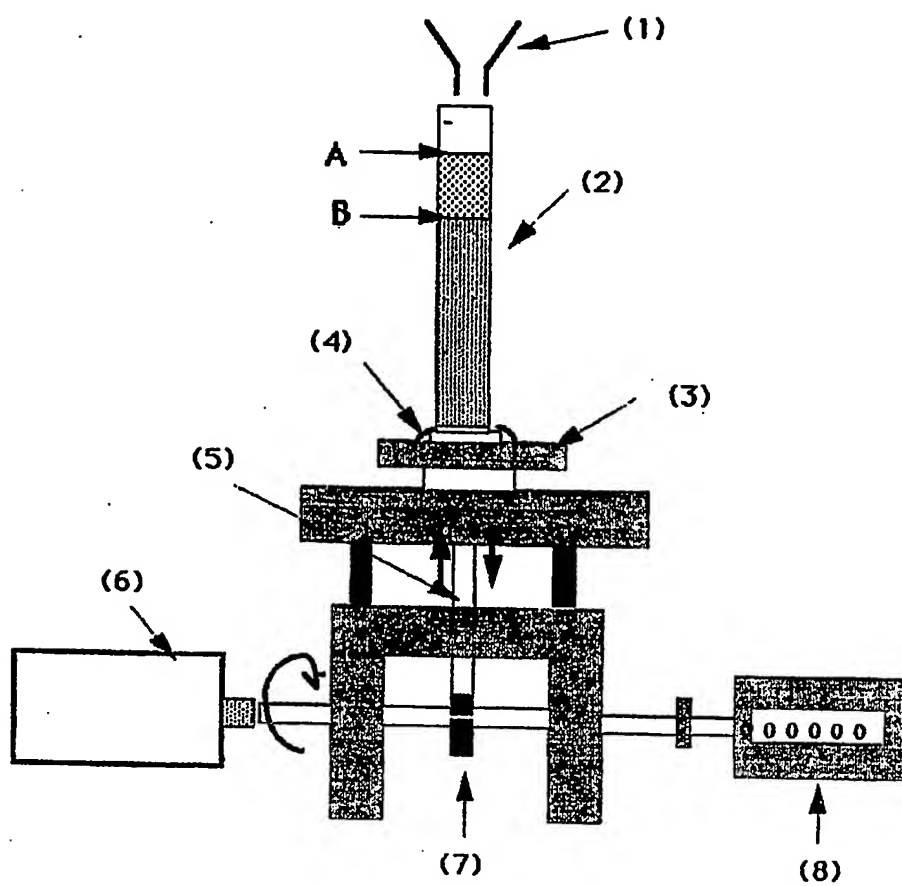


Figure 6



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**